Detektion von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren in optisch transparenten Behältern

ABSTRACT

Während der Befüllung von Behältern aus optisch transparenten Materialien, wie Vials, Spritzen und Phiolen oder auch Lebensmittelbehältern und Getränkeflaschen, können Verunreinigungen in Form von Partikeln und Fremdkörpern, insbesondere aber Glassplitter in das entsprechende Gefäß gelangen. Diese Partikel bzw. Fremdkörper mindern die Qualität des Füllgutes sowie der Füllbehälter z.T. dramatisch. Eine Verwendung bzw. ein Verzehr des abgefüllten Produktes führt unter Umständen zu einer großen Gesundheitsgefährdung des Konsumenten. Aus genannten Gründen ist eine messtechnische Kontrolle der relevanten gefüllten bzw. ungefüllten Behälter unabdingbar. Gerade im Bereich der Pharma- und Lebensmittelindustrie sollte eine Belastung von Füllgut mit gefährlichen Fremdkörpern und Partikeln zu 100% vermieden werden. Ein Inverkehrbringen kann beispielsweise durch die Implementierung geeigneter Erkennungs- und Sortiermaßnahmen realisiert werden. Ein entsprechendes optisches Verfahren hierzu ist die optische Tomographie unter Verwendung kohärenten Lichts, die nachfolgend näher beschrieben ist.

Technisches Anwendungsgebiet

Die vorliegende Veröffentlichung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Detektion von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren in gefüllten
5 oder ungefüllten Behältern, die eine Behälterwand aus einem optisch transparenten Material aufweisen.

Bei der industriellen Befüllung von Behältern aus Glas oder einem anderen optisch transparenten Material,
10 bspw. von Spritzen, Phiolen oder Getränkeflaschen in automatisierten Abfüllanlagen kann es zu mechanischem Abrieb, Absplitterungen sowie Materialbruch kommen. Dadurch können bspw. bei der Befüllung von Glas-behältern Glaspartikel in die Anlage gelangen und über
15 Transport- und Manipulator-Einrichtungen somit auch in die Behälter, die auf der Anlage befüllt werden. Häufig sind diese Partikel nur sehr schwer im gefüllten Behälter erkennbar, weil sie oft sehr dünn sowie optisch transparent sind. Von diesen Partikeln gehen
20 jedoch häufig Gefahren bei der Verwendung bzw. dem Verzehr der abgefüllten Produkte aus.

So ist es erforderlich, eventuelle Fremdkörper in Behältnissen für Impfstoffe und Impfstoffvorprodukte
25 sicher auszuschließen. Auch das Inverkehrbringen von Getränkeflaschen, in denen Glaspartikel oder andere Verunreinigungen als Fremdkörper enthalten sind, muss durch geeignete Erkennungs- und Sortiermaßnahmen verhindert werden.

30

Stand der Technik

Bisher sind zur Erfassung von Fremdkörpern in gefüllten optisch transparenten Behältern unterschied- 5 liche Techniken bekannt. So können die Behälter mit optischer Strahlung durchleuchtet und eventuelle Fremdkörper in dem aufgezeichneten Durchleuchtungsbild erkannt werden. Eine weitere Technik setzt die in der Regel rotationssymmetrischen Behältnisse in Rotation 10 und detektiert Schallsignale, die beim Auftreffen der Fremdkörper auf die Innenseite der Behälterwand entstehen. Schließlich ist es auch bekannt, die Behälter mittels Röntgenstrahlung zu durchleuchten, um über die aufgezeichneten Röntgenbilder entsprechende 15 Fremdkörper im gefüllten Behälter erkennen zu können.

Die Aufgabe der vorliegenden Beschreibung besteht darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Detektion von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren in 20 gefüllten oder ungefüllten, optisch transparenten Behältern anzugeben, die keine ionisierende oder schädliche Strahlung erfordern und die Detektion von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren unterschied- licher Größe und Form sowie aus unterschiedlichen 25 Materialien ermöglichen.

Darstellung

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren sowie der 30 Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche

oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren zur Erfassung
5 von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren in gefüllten oder ungefüllten Behältern, die eine Behälterwand aus einem optisch transparenten Material aufweisen, werden mittels optischer Kohärenztomographie (OCT) tomographische Daten wenigstens eines Volumenbereiches im
10 Inneren der Behälter aufgezeichnet, in denen die Fremdkörper oder anderen Streuzentren dann erkennbar sind.

Das Verfahren nutzt die Technik der optischen
15 Kohärenztomographie, um in den Behältern Fremdkörper bzw. Fremdkörperpartikel oder andere Streuzentren weitgehend unabhängig von deren optischen Eigenschaften sowie deren Form und Dichte zu erkennen. Das Prinzip beruht auf der Erkennung von Gradienten im Brechungs-
20 index, z.B. an Grenzflächen der Fremdkörper am in der Regel homogenen, insbesondere viskosen oder pulverförmigen, Füllgut durch Lichtstreuung zwischen verschiedenen Materialien. Diese Grenzflächen sind in den tomographischen Daten erkennbar. So treten
25 beispielsweise bei einem Tiefenscan an Streuzentren, wie sie auch Fremdkörper darstellen, Amplitudenmaxima auf, anhand derer die Streuzentren dann erkennbar sind. Auch in entsprechend aus den tomographischen Daten berechneten tomographischen Bildern lassen sich die
30 Fremdkörper bzw. Streuzentren erkennen. Mit dem Verfahren lassen sich auch Fremdkörper bei lediglich geringfügig unterschiedlichen optischen Eigenschaften erkennen. Dabei können zum einen große Fremdkörper-

partikel detektiert werden, von denen ein Teil der Partikeloberfläche in den Bilddaten oder einem daraus berechneten tomographischen Bild dargestellt wird. Zum anderen können auch Fremdkörperpartikel oder andere Streuzentren detektiert werden, die kleiner als die Auflösung des OCT-Messsystems von typischerweise 1 µm bis 20 µm sind, weil das Vorhandensein streuender Strukturen auch dann noch mittels optischer Kohärenztomographie detektiert werden kann. Unter einer Behälterwand aus einem optisch transparenten Material ist dabei eine Behälterwand zu verstehen, die in wenigstens einem Teilbereich des optischen Spektralbereiches (UV, VIS, IR) für die Strahlung zumindest teildurchlässig ist, in dem dann die optische Kohärenztomographie durchgeführt wird.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren wird auch ausgenutzt, dass sich die Fremdkörper bei der Abfüllung und/oder dem Transport der Behälter bevorzugt in bestimmten Bereichen des Behälters ansammeln, der in der Regel einen Behälterboden (untere Behälterwand), eine Behälteroberseite und eine seitliche Behälterwand aufweist, die den Behälterboden mit der Behälteroberseite verbindet. Die Behälteroberseite kann auch durch die Behälteröffnung gebildet sein. Üblicherweise sammeln sich die Fremdkörper im unteren Behälterbereich am Behälterboden, so dass der mittels optischer Kohärenztomographie aufgezeichnete Volumenbereich, im Folgenden auch als Messbereich des OCT-Messsystems bezeichnet, entsprechend vorzugsweise in diesen Bereich gelegt wird. Die Behälter werden nach der Abfüllung in der Regel stehend transportiert und dann in dieser Lage mit dem vorgeschlagenen Verfahren vermessen. Jedoch ist

auch eine andere Lage der Behälter für den Einsatz des vorgeschlagenen Verfahrens jederzeit möglich.

In Abhängigkeit von der Behältergeometrie, der Konsistenz des Füllmediums sowie der Dichte und Form der Fremdkörper kann sich durch Rotation des Behälters auch ein anderer bevorzugter Aufenthaltsort der Fremdkörper einstellen, an dem dann die optische Tomographie angewendet wird. In einer Ausgestaltung des Verfahrens werden die Behälter vor der Aufzeichnung der tomographischen Daten zumindest zeitweise in Rotation versetzt. Dadurch wird bei flüssigem Füllgut je nach Masse und Viskositätsverhältnissen von Flüssigkeit und Fremdkörper eine Anlagerung der Fremdkörper an der Innenseite der seitlichen Behälterwand oder auch im Rotationszentrum am Behälterboden begünstigt. Der mittels optischer Tomographie vermessene Volumenbereich wird dann wiederum an dieser Stelle im Bereich der Innenseite der seitlichen Behälterwand oder des Behälterbodens gewählt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung wird der Messbereich der optischen Tomographie auch unabhängig von einer zeitweisen Rotation des Behälters so gewählt, dass er wenigstens einen Bereich der Innenseite der Behälterwand enthält, insbesondere der Innenseite des Behälterbodens. Vorzugsweise folgt dieser Volumen- bzw. Messbereich der geometrischen Form der Innenseite des Behälterbodens an dieser Stelle des Behältnisses. Diese Anpassung an die Form der Behälterwand kann über geeignete optische Komponenten bei der Durchführung der optischen Kohärenztomographie realisiert werden. So lässt sich bspw. über eine nachführbare Optik der

Fokusbereich des Messstrahls beim Abscannen des jeweiligen Behälterbereiches jeweils so nachführen, dass er dieser Form der Behälterwand folgt.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren lässt sich auch der gesamte Bereich an der Innenseite der unteren bzw. seitlichen Behälterwand erfassen. Der Messbereich des OCT-Systems wird dabei, wie bereits im vorangehenden Absatz angeführt, auf die Innenseite der unteren bzw. seitlichen Behälterwand gelegt und in Form und Lage so ausgeprägt, dass die zu untersuchende Behälterinnenseite vollständig erfasst werden kann.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren kann die Detektion bspw. durch Abscannen der entsprechenden Fläche mit dem Messstrahl in Kombination mit einem Fourier-Domain-OCT-System oder auch durch Erfassung mittels eines Flächendetektors mit einem sog. Full-Field-OCT erfolgen.

Aus den entsprechend aufgezeichneten tomographischen Daten, bspw. dem Amplitudenverlauf bei Tiefenscans (A-Scan) oder aus entsprechend aus den Daten berechneten zweidimensionalen tomographischen Schnittbildern oder einem aus diesen zweidimensionalen Schnittbildern zusammengesetzten 3D-Bild, können dann anhand der erkennbaren Grenzflächen die Fremdkörper oder auch andere Streuzentren identifiziert werden. Die Ergebnisübermittlung an eine Überwachungs- oder Datenstation zur weiteren Auswertung kann entweder in Form unprozessierter Rohdaten vom OCT-System, bereits vorprozessierter Daten, vorzugsweise bereits erzeugter Bilddaten, oder bereits ausgewerteter Daten erfolgen,

die vorzugsweise bereits das Vorhandensein von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren signalisieren. Die Übermittlung kann dabei jeweils über eine beliebige geeignete Schnittstelle erfolgen, beispielsweise über 5 USB oder Ethernet.

Die für das Verfahren ausgebildete Vorrichtung zur Detektion von Fremdkörpern oder andern Streuzentren in gefüllten oder ungefüllten, optisch transparenten 10 Behältern weist somit ein optisches Messsystem auf, das zur Durchführung optischer Kohärenztomographie ausgebildet ist. Derartige Messsysteme sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Bei der vorgeschlagenen Vorrichtung befindet sich zumindest ein Teil 15 dieses optischen Messsystems in einem staub- und feuchtigkeitsgeschützten Messmodul. In diesem Messmodul sind optische Komponenten zur Formung und Führung eines optischen Messstrahls für die Durchführung der optischen Kohärenztomographie angeordnet. Das Messmodul 20 ist von einem staub- und feuchtigkeitsdichten Gehäuse umschlossen, das ein für den Wellenlängenbereich des Messstrahls optisch transparentes Messfenster für den Durchtritt des Messstrahls aufweist. Das Messfenster kann bspw. aus Glas, Quarzglas, Saphir oder einem 25 optisch transparenten Kunststoff bestehen. Das Messmodul ist durch Bauart und Form vor Verschmutzungen geschützt sowie geeignet für den Einsatz bei gängigen Reinigungsprozessen. Dazu gehören auch Spül-, Reinigungs-, Desinfektions- und Sterilisationsprozesse, 30 z. B. unter Verwendung von Wasserstoffperoxid (CIP-Verfahren; CIP: Cleaning in Place).

Je nach Ausgestaltung des optischen Messsystems zur Durchführung der optischen Kohärenztomographie umfasst das Messmodul auch ggf. eine Einheit zur Strahlpositionierung, z.B. mittels Strahlablenkung oder mittels einer Verfahreinheit für die Fokussieroptik. Auch weitere Komponenten des optischen Messsystems wie z. B. die Lichtquelle für den Messstrahl, der Detektor für die Detektion des am Messobjekt reflektierten Lichts, ein Interferometer zur Überlagerung des reflektierten Lichtes mit einem Referenzlichtstrahl sowie die Ansteuerung zur Strahlpositionierung können in diesem Modul angeordnet sein. Diese Bestandteile können aber auch separat in einem oder mehreren weiteren Modulen untergebracht sein, die dann über optische und/oder elektrische Daten- und Energieleiter miteinander verbunden sind. Die Messwerterfassung und -verarbeitung kann in einem separaten Modul basierend auf integrierter Rechentechnik, z. B. mindestens einem digitalen Signalprozessor oder einem FPGA (FPGA: Field-Programmable Gate Array) oder einem integrierten Personalcomputer, sowie extern erfolgen, z. B. durch einen Computer. Zur Erzeugung des Messstrahls wird vorzugsweise eine kurzkohärente Strahlungsquelle mit einer Zentralwellenlänge im Bereich zwischen 300 nm und 2000 nm, besonders bevorzugt im Bereich zwischen 800 nm und 1300 nm eingesetzt. Das Messsystem selbst kann beispielsweise als Fourier-Domain-OCT oder als Full-Field-OCT ausgebildet sein.

Ein Fourier-Domain-OCT-System teilt hierbei das Licht der Lichtquelle in zwei Strahlenbündel auf, einen Messstrahl und einen Referenzstrahl. Der Messstrahl wird auf das Messobjekt gelenkt. Das vom Messobjekt

zurück gestreute Licht wird mit dem Referenzlicht
überlagert, das über einen Spiegel rückreflektiert
wird, und spektroskopisch ausgewertet. Dabei kommt
vorzugsweise eine Kombination aus Superlumineszenzdiode
5 als Lichtquelle und Spektrometer als Detektor oder eine
Kombination aus durchstimmbarem Laser und Photodetektor
zum Einsatz. Eine Messung liefert dabei Informationen
über die Tiefenstreuung im Messobjekt unter dem
Messstrahl in dessen Ausbreitungsrichtung. Durch
10 geeignete Ablenkungen des Messstrahles über das
Messobjekt (Abscannen) werden flächige Bereiche mit
dieser Tiefeninformation erfasst. Die ganzheitliche
Erfassung des kritischen Bereiches erfordert eine
Strahlablenkung in zwei Richtungen (x- und y-Richtung),
15 wobei vorzugsweise der Strahlversatz in eine Richtung
durch laterale Bewegung des Behälters relativ zum
Messsystem realisiert wird. Bei der Messung wird ein
tomographischer Datensatz erhalten, der Information
über Vorhandensein und/oder Lage und/oder Größe von
20 Fremdkörpern oder anderen Streuzentren im untersuchten
Messbereich enthält. Die Ablenkung des Messstrahls wird
vorzugsweise durch eine Strahlablenkung über bewegliche
Spiegel und/oder durch Verfahren bzw. Verschieben der
Optik zur Strahlformung realisiert.

25

Bei einer Realisierung des Messsystems als Full-
Field-OCT-System wird das Licht der Lichtquelle
ebenfalls in zwei Strahlanteile aufgeteilt, einen
Messstrahl und einen Referenzstrahl. Der Messstrahl
30 wird wiederum auf das Messobjekt gelenkt. Das vom
Messobjekt zurück gestreute Licht wird mit dem
Referenzlicht überlagert, das über einen Spiegel
rückreflektiert wird, und mit einem Flächendetektor

erfasst. Eine Messung liefert dabei eine flächige Information über die Streustruktur des Messobjektes. Durch Modulation der optischen Weglänge, die der Referenzstrahl durchläuft, vorzugsweise durch
5 piezoelektrische Elemente oder optische Modulatoren, werden diese Flächeninformationen aus verschiedenen Tiefenbereichen erfasst und zu einem tomographischen Datensatz kombiniert, der wiederum Information über das Vorhandensein und/oder die Lage und/oder die Größe von
10 Fremdkörpern oder anderen Streuzentren im Messbereich enthält.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorgeschlagenen Vorrichtung ist am Messmodul ein Reinigungs-
15 system angebracht, mit dem das Messfenster automatisiert gereinigt werden kann. Dies kann bspw. über ein Druckluftsystem oder durch einen oder mehrere mechanische Abstreifer erfolgen, die über das Messfenster bewegt werden oder unter denen das Messfenster
20 rotiert wird. In einer weiteren Ausgestaltung ist die Oberfläche des Messfensters hydrophil beschichtet, um eine gleichmäßige Verteilung von Flüssigkeiten auf der Fensteroberfläche zu erreichen. Eine weitere Ausgestaltung sieht eine hydrophobe Ausstattung der
25 Oberfläche vor, um bspw. durch entsprechende Beschichtung Verunreinigungen abzuleiten. Das Fenster ist vorzugsweise gegenüber der Horizontalen geneigt angeordnet, um ein Abfließen/Abgleiten vorhandener Flüssigkeiten bzw. Verunreinigungen zu erreichen. Mit
30 Ausnahme der hydrophilen und hydrophoben Beschichtung lassen sich alle Ausgestaltungen auch miteinander kombinieren. Ziel dieser Ausgestaltungen ist die Freihaltung des Messfensters von Verunreinigungen

während des Einsatzes der Vorrichtung in einem industriellen Umfeld.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der
5 Vorrichtung wird der Spiegel, an dem der Referenzstrahl rückreflektiert wird, so gewählt, dass er der Geometrie des Behälters im interessierenden Messbereich entspricht, vorzugsweise der Innenseite der unteren Behälterwand. Die Spiegelgeometrie entspricht dann der
10 Geometrie des Behälterbodens. Dadurch wird der statische Tiefenmessbereich des OCT-Systems der Messkontur angepasst. Im Falle des Einsatzes eines Fourier-Domain-OCT-Systems ist dann die gleiche Technik zur Strahlablenkung, die den Messstrahl führt, auch im
15 Referenzarm für den Referenzstrahl einzusetzen und dort synchron mit der Strahlablenkung des Messstrahls zu betreiben.

In einer weiteren Ausgestaltung der Vorrichtung
20 ist das Messsystem mit einer nachführbaren Optik ausgestattet, die eine Nachführung bzw. Verschiebung des Fokusbereiches des Messstrahls ermöglicht. Dies kann bspw. durch ein Verfahren der Fokussieroptik realisiert werden. In dieser Ausgestaltung lässt sich
25 der Messbereich durch entsprechende Nachführung des Fokusbereiches während des Abscannens ebenfalls der Kontur des Behältnisses, insbesondere der Innenseite des Behälterbodens, anpassen.

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die optischen Komponenten des Messsystems zur Erzeugung eines Bessel-Strahls als Messstrahl ausgestaltet, mit dem das Messobjekt vermessen wird. Durch die Reali-

sierung des Messstrahls als Bessel-Strahl wird ein erweiterter Fokusbereich erreicht.

Das vorgeschlagene Verfahren und die zugehörige
5 Vorrichtung eignen sich vor allem für die in der Beschreibungseinleitung genannten Anwendungen. So lassen sich bspw. befüllte Glasbehälter im medizinischen Bereich oder im Bereich der Nahrungsmittelindustrie mit dem vorgeschlagenen Verfahren und der
10 zugehörigen Vorrichtung vermessen, um eventuelle Fremdkörper in den Behältern zu detektieren. Das Verfahren und die Vorrichtung ermöglichen dabei eine schnelle 100% Inline-Prüfung kritischer Bereiche von gefüllten Behältern auf das Vorhandensein von Fremd-
15 körpern. Es kommt dabei keinerlei ionisierende oder schädliche Strahlung zum Einsatz. Mit dem Verfahren und der Vorrichtung können Partikel unterschiedlicher Größe und Form sowie aus unterschiedlichen Materialien, z.B. aus Glas, Kunststoff, Gummi oder organischem Material,
20 erfasst werden. Mit dem Verfahren können auch ungefüllte Behältnisse vermessen werden, bspw. Leergut vor der Befüllung, um darin Fremdkörper zu detektieren. Das Verfahren und die Vorrichtung arbeiten berührungsfrei und reflektiv, so dass eine hervorragende Integration
25 in Abfüllanlagen ermöglicht wird. Durch hohe Erkennungsraten und kleine Fehlerkennungsraten wird die Fehlausleitrate von Produkten minimiert, was zu ressourcenoptimierten und wirtschaftlichen Prozessen mit höchster Qualitätssicherheit führt. Eine weitere
30 Anwendungsmöglichkeit der Vorrichtung und des Verfahrens besteht in der Beurteilung der Qualität des Füllgutes oder der Behälterwand. So kann mit dem Verfahren die Homogenität und damit Qualität der Behälter-

wand vermessen werden, da detektierte Streuzentren in der Behälterwand deren Homogenität beeinträchtigen. Auch Streuzentren im Füllgut, insbesondere in einem viskosen Füllgut, können mit dem Verfahren und der Vorrichtung erfasst und als Maß für die Qualität des Füllgutes herangezogen werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Das Verfahren und die Vorrichtung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 schematisch eine beispielhafte Anordnung einer Messvorrichtung zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens;

Fig. 2 ein erstes Beispiel eines Messmoduls der vorgeschlagenen Messvorrichtung in schematischer Darstellung; und

Fig. 3 ein zweites Beispiel eines Messmoduls der vorgeschlagenen Messvorrichtung in schematischer Darstellung.

Wege zur Ausführung

Die folgenden Ausführungsbeispiele zeigen eine Anordnung und beispielhafte Ausgestaltungen der Messvorrichtung zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens anhand der Vermessung von flaschenartigen

Behältern. In der Figur 1 ist hierzu ein Beispiel für die Anordnung des Messmoduls 3 der Messvorrichtung an einer Transporteinrichtung 1 zu erkennen, über die die Behälter 2 in Pfeilrichtung am Messmodul 3 der Messvorrichtung vorbei geführt werden. Eine derartige Transporteinrichtung 1 (bestehend aus Aktor und Halterung für die Behälter), von der in Figur 1 lediglich ein Abschnitt dargestellt ist, wird in Abfüllanlagen für den Transport der Behälter, bspw. von Getränkeflaschen, eingesetzt. Das Messmodul 3 wird hierbei unterhalb der Behälter 2 angeordnet und weist ein Messfenster 4 für den Durchtritt des Messstrahls auf.

Das Messmodul 3 dient in diesem Beispiel der Erfassung eines Volumenbereiches am Boden des Behältnisses 2 bzw. am Flaschenunterboden. Das Messmodul 3 beinhaltet eine Optik zur Strahlablenkung in eine Richtung senkrecht zur Zeichnungsebene. Das Messmodul ist so gestaltet, dass senkrecht zur Zeichnungsebene mittels optischer Kohärenztomographie flächige Informationen zum Bereich am Behälterboden erfasst werden. Räumliche Daten entstehen durch Fortbewegung der Behälter 2 über das Messmodul 3 mit Hilfe der Transporteinrichtung 1.

Figur 2 zeigt ein erstes Beispiel für die Ausgestaltung des Messmoduls 3 der Figur 1 in einer Ansicht in Transportrichtung der Behälter. In diesem Beispiel beinhaltet das Messmodul 3 eine Lichteinkopplung 5 für den Messstrahl, zum Beispiel durch einen fasergebundenen Kollimator oder eine Lichtfaser, einen hochfrequent rotierbaren Spiegel 6 zur Strahl-

ablenkung und eine Optik 7 zur Strahlformung des Messstrahls 8. Der so geformte Messstrahl 8 wird durch das Messfenster 4 auf den Boden des Behälters 2 gerichtet.

5

Figur 3 zeigt ein zweites Beispiel für die Ausgestaltung des Messmoduls 3 der Figur 1 in einer Ansicht in Transportrichtung der Behälter. In diesem Beispiel beinhaltet das Messmodul 3 neben dem Messfenster 4 und
10 einer Lichteinkopplung 5 auch ein in Pfeilrichtung verschiebbares Modul 9 besitzen. Dieses Modul 9 besteht mindestens aus einer Optik 7 zur Strahlformung, kann zusätzlich aber auch derart gestaltet sein, dass zum Beispiel ein optisches Element zur Strahlführung, zum
15 Beispiel ein Spiegel 10 oder eine Lichtfaser, enthalten ist.

Bezugszeichenliste

1	Transporteinrichtung
2	Behälter
3	Messmodul
4	Messfenster
5	Lichteinkopplung
6	rotierbarer Spiegel
7	Strahlformungsoptik
8	Messstrahl
9	verschiebbares Modul
10	Umlenkspiegel

Ansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren in Behältern (2), die eine Behälterwand aus einem optisch transparenten Material aufweisen,
   bei dem mittels optischer Kohärenztomographie tomographische Daten wenigstens eines Volumenbereiches im Inneren der Behälter (2) aufgezeichnet werden, in denen die Fremdkörper oder Streuzentren erkennbar sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass der Volumenbereich so gewählt wird, dass er wenigstens einen Bereich einer Innenseite der Behälterwand enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass der Volumenbereich so gewählt wird, dass er wenigstens einen Bereich einer Innenseite der unteren Behälterwand enthält.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass der Volumenbereich so gewählt wird, dass er der geometrischen Form der Innenseite der Behälterwand in dem gewählten Bereich folgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Durchführung der optischen
Kohärenztomographie ein optisches Messsystem mit
5 einem Messstrahl (8) und einem Referenzlichtstrahl
eingesetzt wird, bei dem die reflektierende
Oberfläche eines Referenzlichtspiegels, an dem der
Referenzlichtstrahl reflektiert wird, die
geometrische Form der Innenseite der Behälterwand
10 im gewählten Volumenbereich aufweist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die tomographischen Daten mit einem Fourier-
15 Domain-OCT-System oder einem Full-Field-OCT-System
aufgezeichnet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur
Inline-Detektion von Fremdkörpern bei der
20 industriellen Abfüllung von Behältern mit einem
Füllgut.

8. Vorrichtung zur Detektion von Fremdkörpern oder
anderen Streuzentren in Behältern, die eine
25 Behälterwand aus einem optisch transparenten
Material aufweisen,
mit einem optischen Messsystem, das zur
Durchführung optischer Kohärenztomographie
ausgebildet ist und wenigstens ein Messmodul (3)
30 aufweist, in dem optische Komponenten (6, 7, 10)
zur Formung und Führung eines optischen Messstrahls
(8) zur Durchführung der optischen Kohärenz-
tomographie angeordnet sind und das von einem

staub- und feuchtigkeitsdichten Gehäuse umschlossen ist, das ein Messfenster (4) für den Durchtritt des Messstrahls (8) aufweist.

5 9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass am Messmodul (3) ein Reinigungssystem für das Messfenster (4) angeordnet ist.

10 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Messfenster (4) eine hydrophile oder eine hydrophobe Beschichtung aufweist.

15 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das optische Messsystem als Fourier-Domain-OCT-System oder als Full-Field-OCT-System ausgebildet ist.

20

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass das optische Messsystem eine nachführbare Fokussieroptik (7) aufweist, mit der sich ein
25 Fokusbereich des Messstrahls (8) während der Durchführung der optischen Kohärenztomographie einer gekrümmten Behälterwand nachführen lässt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass das optische Messsystem eine Optik zur Bildung eines Bessel-Strahls als Messstrahl aufweist.

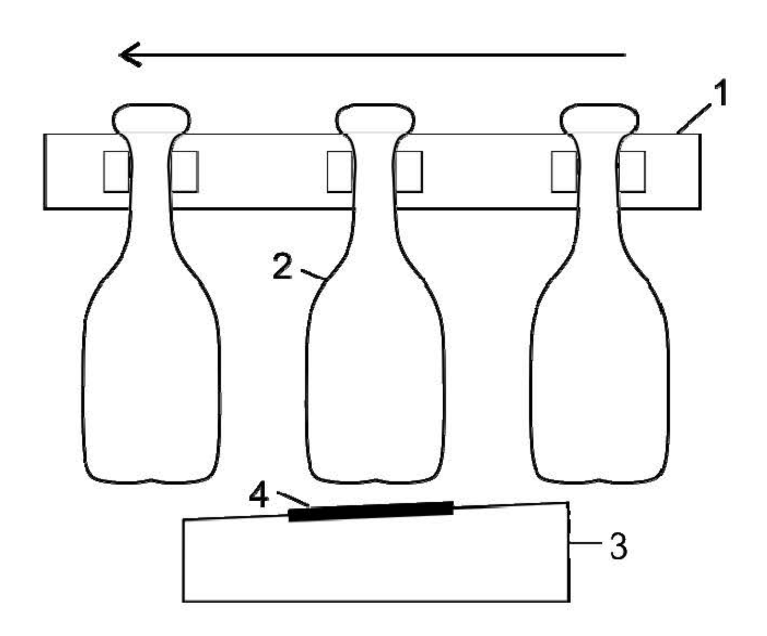


Fig. 1

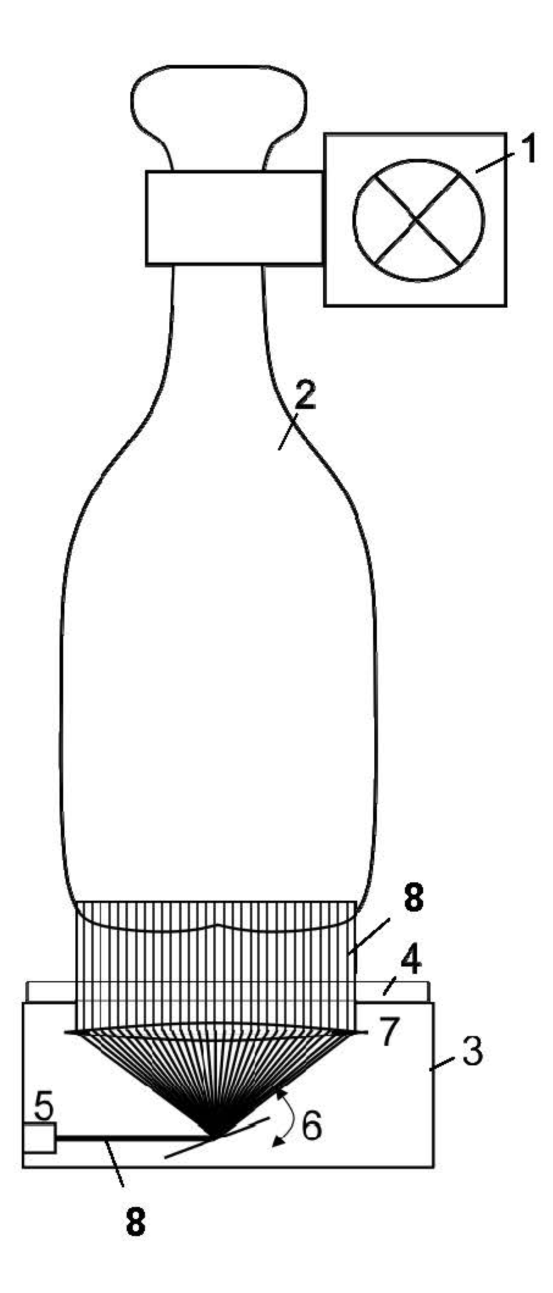


Fig. 2

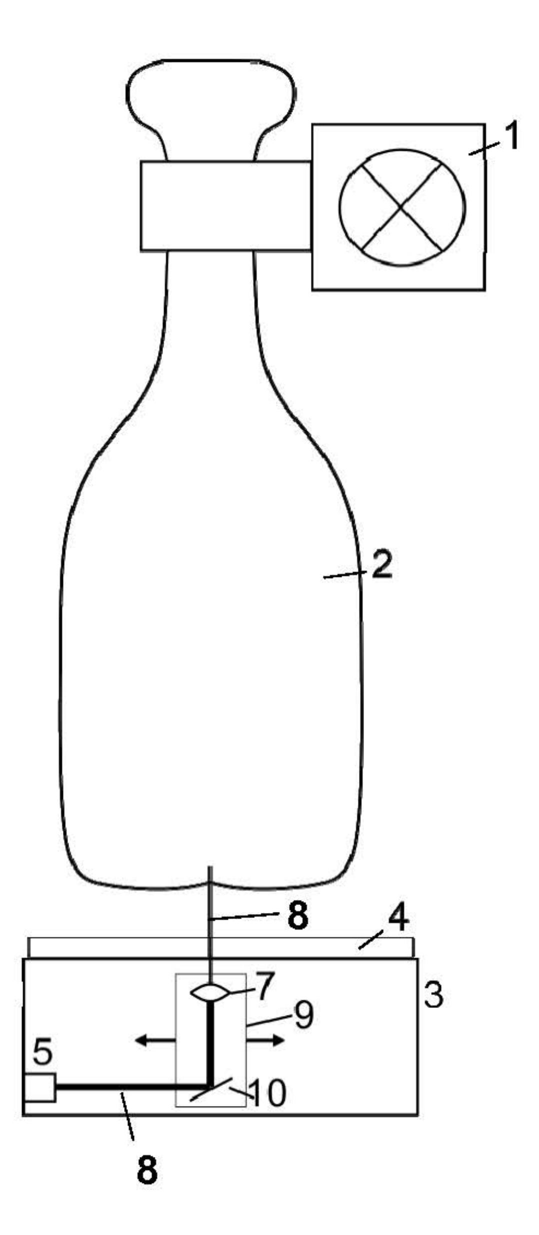


Fig. 3

Zusammenfassung

Die vorliegende Veröffentlichung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Detektion von Fremdkörpern oder anderen Streuzentren in Behältern,
5 die eine Behälterwand aus einem optisch transparenten Material aufweisen. Bei dem Verfahren und der Vorrichtung werden mittels optischer Kohärenztomographie tomographische Daten wenigstens eines Volumenbereiches im Inneren der Behälter
10 aufgezeichnet, in denen die Fremdkörper oder anderen Streuzentren erkennbar sind. Das Verfahren und die Vorrichtung arbeiten ohne ionisierende oder schädliche Strahlung und ermöglichen die Erkennung von Fremdkörpern unterschiedlicher Größe und Form sowie aus
15 unterschiedlichen Materialien mit hoher Erkennungsrate.